

101

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

URKUNDE

über die Erteilung des

Patents

Nr. 102 45 540

IPC

G01C 19/72

Bezeichnung

Verfahren zur Regelung der Arbeitsfrequenz eines faseroptischen Gyroskops

Patentinhaber

Litef GmbH, 79115 Freiburg, DE

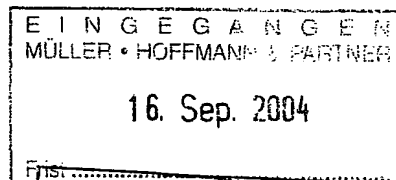
Erfinder

Voigt, Sven, 79111 Freiburg, DE; Spahlinger, Günter, Dr., 70188 Stuttgart, DE

Tag der Anmeldung

30.09.2002

53931 p



Kopie an Tax
gegeben am

München, den 16.09.2004



Der Präsident des Deutschen Patent- und Markenamts

Dr. Schade

Dr. Schade

best Available Copy



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 45 540 B3 2004.09.16

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 102 45 540.6

(22) Anmeldetag: 30.09.2002

(43) Offenlegungstag: —

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 16.09.2004

(51) Int Cl.⁷: G01C 19/72

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
Litef GmbH, 79115 Freiburg, DE

(74) Vertreter:
Müller - Hoffmann & Partner Patentanwälte, 81667
München

(72) Erfinder:
Voigt, Sven, 79111 Freiburg, DE; Spahlinger,
Günter, Dr., 70188 Stuttgart, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 197 53 427 C1

DE 196 29 260 C1

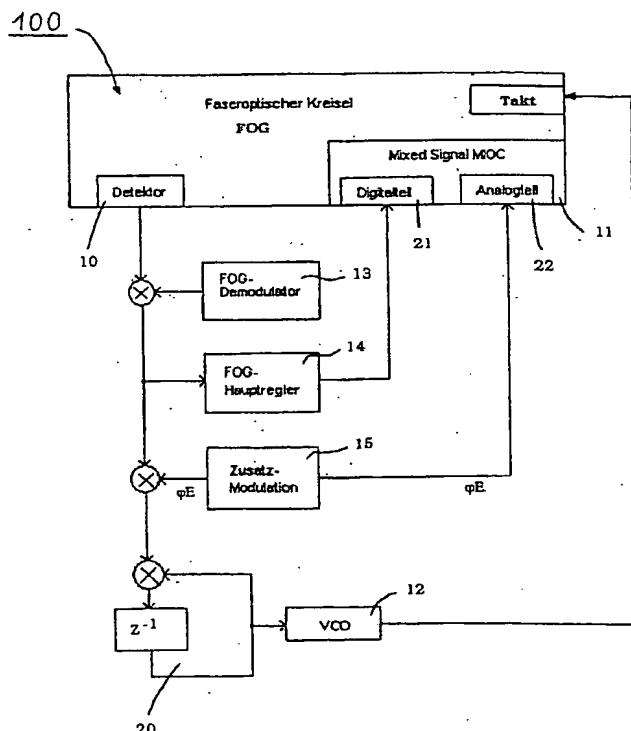
DE 101 30 159 A1

DE 698 01 435 T2

DE 695 10 776 T2

(54) Bezeichnung: Verfahren zur Regelung der Arbeitsfrequenz eines faseroptischen Gyroskops

(57) Zusammenfassung: Bei dem Verfahren zur Regelung der Arbeitsfrequenz eines faseroptischen Gyroskops (FOG 100) mit geschlossener Regelschleife, bei welchem das demodulierte Ausgangssignal des FOG-Detektors (10) als Ist-Signal einerseits den Eingang eines FOG-Hauptreglers (14) und andererseits über ein Austastfilter (20) einen den Systemtakt des FOG bestimmenden VCO (12) beaufschlagt, ist erfindungsgemäß vorgesehen, ein Zusatzmodulationssignal als Analogsignal (ΦE) separaten Phasen-Korrektur Elektroden zuzuführen, die zusammen mit den Elektroden eines digitalen Phasenmodulators in einem integriert-optischen Chip (MIOC 11) ausgebildet sind. Durch das erfindungsgemäße Verfahren und die besondere Gestaltung des MIOC (11) lässt sich die Arbeitsfrequenz des FOG exakt regeln.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung der Arbeitsfrequenz eines faseroptischen Gyroskops (FOG) mit geschlossener Regelschleife, bei welchem ein demoduliertes Ausgangssignal des FOG-Detektors als Ist-Signal einerseits den Eingang eines FOG-Hauptreglers und andererseits über ein Austastfilter einen den Systemtakt des FOG bestimmenden VCO beaufschlagt, wobei das Ausgangssignal des FOG-Hauptreglers als Modulationssignal einem in einem multifunktionalen optischen Chip (MIOC) ausgebildeten digitalen Phasenmodulator zugeführt wird, und wobei zur Bestimmung und Regelung der exakten Arbeitsfrequenz des FOG dem demodulierten, zum Austastfilter gelangenden Detektorausgangssignal ein periodisches Zusatzmodulationssignal überlagert wird. Im Zusammenhang mit der Erfindung wird außerdem ein multifunktional integrierter-optischer Chip (MIOC) für ein faseroptisches Gyroskop (FOG) beschrieben, der sich zur Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens eignet.

Stand der Technik

[0002] In DE 197 53 427 C1 ist ein digitaler Phasenmodulator, insbesondere für faseroptische Drehratensensoren mit geschlossener Regelschleife, beschrieben, bei dem zur Erhöhung der Auflösung ein niedersignifikanter Anteil eines von einem FOG-Hauptregler gelieferten binären Ansteuersignals über einen Digital/ Analog-Wandler relativ niedriger Auflösung in ein Analogsignal gewandelt wird, das einer auf dem den digitalen Phasenmodulator enthaltenden integriert-optischen Chip separat vorgesehenen weiteren Elektrode zugeführt wird. Damit lässt sich die Auflösung von beispielsweise 8 auf ca. 10 Bit erhöhen. Die separate Elektrode oder gegebenenfalls ein separates Elektrodenpaar ist dem digitalen Phasenmodulator unmittelbar zugeordnet.

[0003] In der nicht vorveröffentlichten DE-Patentanmeldung 101 30 159.6 wird ein Verfahren zur Vermeidung von Bias-Fehlern aufgrund synchroner Einstrahlung bei faseroptischen Gyroskopen mit geschlossener Regelschleife vorgeschlagen, bei dem vorgesehen ist, dem demodulierten Ausgangssignal des FOG-Detektors ein im Abtasttakt des FOG periodisches Signal in Form einer Zusatzmodulation am digitalen Phasenmodulator innerhalb eines multifunktionalen integrierten optischen Chips zu überlagern. Die im demodulierten Detektorsignal vorhandenen Reste dieser Zusatzmodulation werden detektiert und einem Hilfsregelkreis zugeführt, welcher die Arbeitsfrequenz so nachregelt, dass die Zusatzmodulation möglichst zu Null wird.

[0004] Die Implementierung dieses bekannten Verfahrens, die zu einer erheblichen Erhöhung der Genauigkeit bei FOGs führt, hat jedoch in der Praxis durch die Verwendung eines gemischten Ansteuersignals am Phasenmodulator des MIOCs zu prakti-

schen Schwierigkeiten, insbesondere zu einem gewissen Zielkonflikt, geführt, wenn gleichzeitig versucht wird, die Auflösung des digitalen Phasenmodulators ohne Vergrößerung der Baulänge des MIOCs anders zu lösen als in der oben genannten DE-Patentschrift beschrieben. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Phasenmodulator zur Erhöhung der Auflösung mit nicht-binären Ansteuersignalen betrieben werden soll.

[0005] Aus DE 695 10 776 T2 ist ein multifunktionaler integriert-optischer Chip für ein faseroptisches Gyroskop bekannt, in dem als mindestens eine Funktionsgruppe ein durch parallel zu einer Lichtführungsstrecke angeordnete Elektroden realisierter Phasenmodulator implementiert ist.

[0006] Aus DE 698 01 435 T2 sowie DE 196 29 260 C1 sind jeweils mehrere hintereinander geschaltete Phasenkorrektur Elektroden bekannt, denen ein Zusatzsignal als Analogsignal zugeführt wird.

Aufgabenstellung

[0007] Der Erfindung liegt damit die Aufgabe zugrunde, das Verfahren zur Regelung der Arbeitsfrequenz eines FOG zu vereinfachen.

[0008] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Gattung gemäß der Erfindung dadurch gelöst, dass ein periodisches Zusatzsignal zur Frequenzbestimmung bzw. Frequenzregelung des FOG als Analogsignal separaten im MIOC ausgebildeten Phasenkorrektur-Elektroden zugeführt wird.

[0009] Ein multifunktionaler integriert-optischer Chip (MIOC) für ein faseroptisches Gyroskop, in dem als mindestens eine Funktionsgruppe ein durch parallel zu einer Lichtführungsstrecke angeordnete Elektroden realisierter Phasenmodulator implementiert ist, eignet sich zur Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens dadurch, dass zusätzlich zum Phasenmodulator ein parallel zur Lichtführungsstrecke angeordnetes Elektrodenpaar vorhanden ist zur Beaufschlagung eines Lichtstrahls auf der Lichtführungsstrecke mit einem periodischen Zusatzmodulationssignal zur Regelung der Arbeitsfrequenz des Gyroskops.

[0010] Eine optimierte Baugröße des integriert-optischen Chips lässt sich dann erzielen, wenn das zusätzliche Elektrodenpaar zwischen dem digitalen Phasenmodulator und einem Strahlteiler innerhalb des Chip angeordnet ist.

Ausführungsbeispiel

[0011] Die Erfindung und vorteilhafte Einzelheiten werden nachfolgend unter Bezug auf die Zeichnungen in beispielsweise Ausführungsform näher erläutert. Es zeigen:

[0012] Fig. 1 ein schematisiertes Blockschaltbild der Architektur eines FOGs mit Darstellung der erfindungsgemäßen Arbeitsfrequenzregelung; und

[0013] Fig. 2 in etwas vereinfachter Darstellung die Draufsicht auf einen multifunktionalen integriert-optischen Chip (MIOC) mit zusätzlichen Elektroden zur vorteilhaften Realisierung des erfindungsgemäßen Regelverfahrens.

[0014] Die optische Architektur eines faseroptischen Kreisel wird als grundsätzlich bekannt vorausgesetzt; sie ist daher in Fig. 1 nur als Block **100** dargestellt. Das vom Detektor **10** des FOG **100** gelieferte Messsignal, das die Drehrateninformation enthält, wird durch einen FOG-Demodulator **13** demoduliert und beaufschlagt, da es sich um einen faseroptischen Kreisel mit geschlossener Regelschleife handelt, den Eingang eines FOG-Hauptreglers **14**, der unter anderem ausgangsseitig ein vorzugsweise nicht-binäres U_{π} - bzw. Rückstellsignal an einen in einem multifunktionalen integriert-optischen Chip, d. h. einem MIOC **11**, ausgebildeten digitalen Phasenmodulator **24** liefert, der in spiegelsymmetrischer Ausführung in grundsätzlich bekannter Weise die nach einer Strahlteilung **23** entstandenen und gegenläufig eine (nicht gezeigte) Messspule durchsetzende Lichtstrahlen auf zwei Lichtführungsstrecken **L1**, **L2** beeinflusst (vgl. Fig. 2). Außer dem FOG-Demodulator **13** und dem FOG-Hauptregler **14** ist eine Zusatzmodulationseinrichtung **15** vorhanden, deren periodisches Signal ϕE einerseits dem Modulationssignal vom FOG-Hauptregler überlagert wird und dann über ein Austastfilter **20** einen spannungssteuerbaren Oszillator VCO **12** steuert, der den Arbeitstakt des FOG-Kreiselsystems bestimmt. Erfindungsgemäß gelangt das Zusatzmodulationssignal ϕE auf einen im MIOC **11** ausgebildeten Analogteil, der – wie die Fig. 2 zeigt – durch ein zusätzliches vom digitalen Phasenmodulator unabhängiges Elektrodenpaar **25** realisiert ist. Auf die zusätzliche Elektrode, bzw. im dargestellten Beispiel der Fig. 2 das Elektrodenpaar **25**, wird also das im Abtasttakt periodische Zusatzmodulationssignal ϕE mit kleiner Amplitude gegeben und erzeugt typischerweise – jedoch in keiner Weise einschränkend – eine maximale Phasenverschiebung von $\pi/32$. Diese Phasenverschiebung ist ausreichend, um nach der Demodulation ein Signal zu erzeugen, welches über das Austastfilter **20** den VCO **12** so steuert, dass die gewünschte Arbeitsfrequenz des FOG-Systems exakt eingehalten wird. Abweichend von der in der nicht veröffentlichten DE-Patentanmeldung 101 30 159.6 beschriebenen Lösung wird das periodische Zusatzmodulationssignal ϕE zur Bestimmung der Kreiselfrequenz nicht dem digitalen MIOC-Modulationssignal hinzuaddiert, sondern wird direkt auf die zusätzliche Analogetrode bzw. das Elektrodenpaar **25**, also auf den Analogteil **22** des MIOCs **11** gegeben.

[0015] Der besondere Vorteil der Erfindung ist, dass das Zusatzmodulationssignal ϕE nicht digital umgesetzt werden muss, und eine Addition von Modulationssignal und Zusatzmodulation entfällt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung der Arbeitsfrequenz eines faseroptischen Gyroskops (FOG) mit geschlossener Regelschleife, bei welchem ein demoduliertes Ausgangssignal des FOG-Detektors als Ist-Signal einerseits den Eingang eines FOG-Hauptreglers und andererseits über ein Austastfilter einen den Systemtakt des FOG bestimmenden VCO beaufschlagt, wobei das Ausgangssignal des FOG-Hauptreglers als Modulationssignal einem in einem multifunktionalen integriertoptischen Chip (MIOC) ausgebildeten digitalen Phasenmodulator zugeführt wird, und wobei zur Bestimmung und Regelung der exakten Arbeitsfrequenz des FOG dem demodulierten, zum Austastfilter gelangenden Detektorausgangssignal ein periodisches Zusatzmodulationssignal überlagert wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Zusatzmodulationssignal als Analogsignal separaten im MIOC ausgebildeten Phasen-Korrekturolektroden zugeführt wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

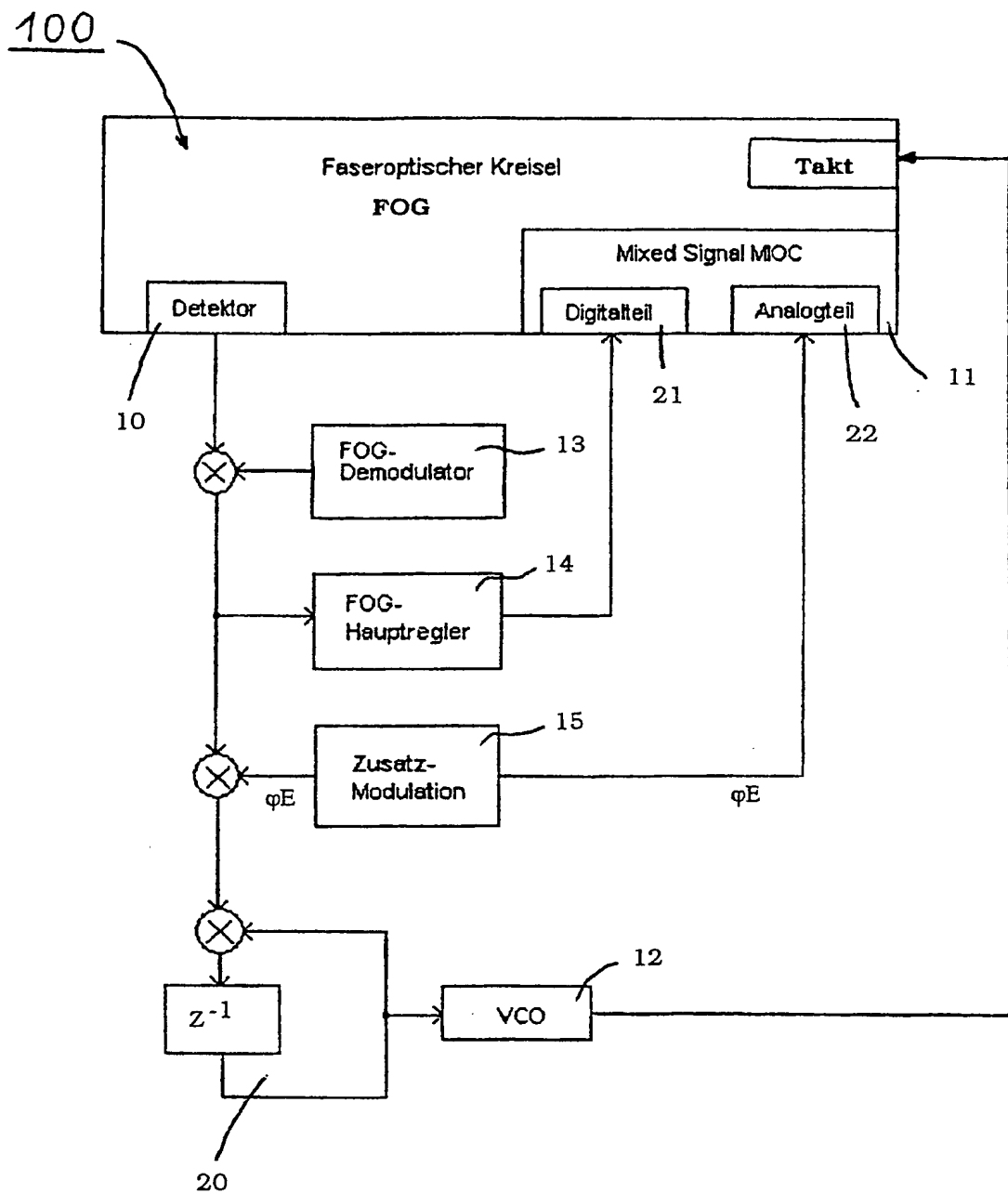


Fig. 1

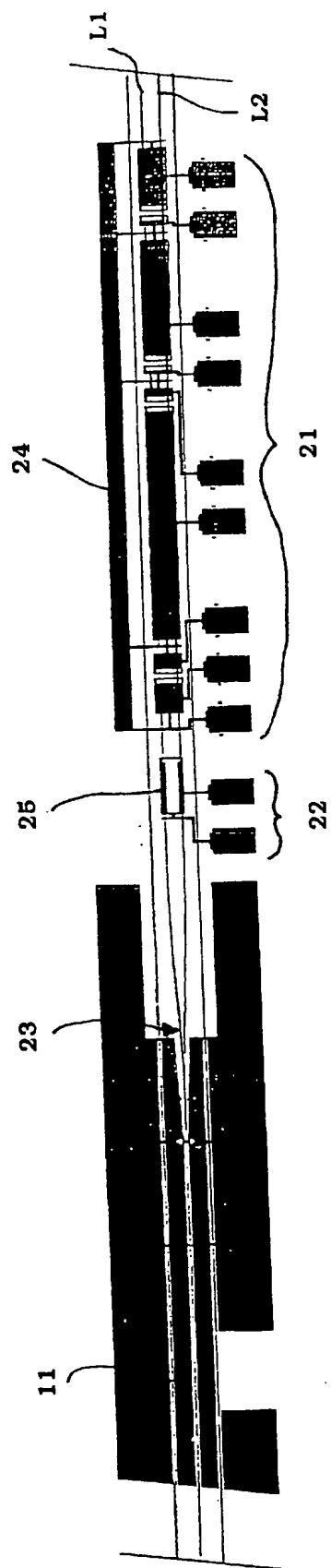


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☒ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.